

경직성 편측 뇌성마비 환아에서 보행형태의 운동형상학적 분석

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소

박은숙 · 박창일 · 김덕용 · 김용균
방인걸 · 서정훈 · 조윤수

= Abstract =

Kinematic Gait Analysis in Children with Hemiplegic Spastic Cerebral Palsy

Eun Sook Park, M.D., Chang Il Park, M.D., Deog Yong Kim, M.D.,
Yong Kyun Kim, M.D., In Keol Bang, M.D., Cheong Hoon Seo, M.D.
and Yoon Soo Cho, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine and Research Institute of Rehabilitation Medicine,
Yonsei University College of Medicine

Objective: The purpose of this study is to evaluate gait characteristics using kinematic analysis in children with hemiplegic spastic cerebral palsy.

Method: Fifty-seven non-operated spastic hemiplegic children who were able to walk independently without any walking aid were recruited as subjects. Three-dimensional kinematic gait analysis using a motion analyzer (Vicon 370 M. A. with 6 infrared cameras) were performed in all patients. Changes in joint angle of hip, knee and ankle in sagittal plane were evaluated to classify gait pattern and also the temporospatial values were measured to determine any differences between groups.

Results: Gait patterns were able to be classified into 6 groups. Group I had a minimal gait disturbance, a drop foot pattern. Group II showed hip and knee flexed, with normal ankle range. Group III showed hip, knee, and ankle flexed. Group IV showed genu recurvatum with tibia progression, Group V showed genu recurvatum with tibia arrest. Group VI showed stiff crouch gait. However, the temporospatial values between groups were not significantly different.

Conclusion: This classification system would be useful for converting the vast quantitative information of gait analysis into descriptive and clinically relevant patterns. Therefore, it would be helpful for the clinician to understand underlying pathology and plan appropriate treatment.

Key Words: Hemiplegic spastic cerebral palsy, Kinematic gait analysis

서 론

접수일: 2001년 5월 11일, 게재승인일: 2001년 5월 24일
교신저자: 김용균

미성숙한 뇌의 손상으로 인하여 발생하는 뇌성마

비의 경우, 자주 이상보행 패턴을 보이는데, 여러 가지 치료적인 중재로 최대의 치료효과를 보기 위해서는 먼저 여러 가지 치료적인 중재를 하기 전에 환자의 상태에 대한 정확한 평가가 선행되어야 한다. 보행패턴의 분석에는 관찰에 의한 보행분석, 비디오 촬영을 위한 보행분석 등 전통적인 방법으로 시행되어지다가, 최근의 보행분석 기술이 점점 더 발달하면서 3차원적인 컴퓨터화된 보행분석(3-D computerized gait analysis)이 개발되었다. 이러한 최신의 보행분석 장비의 도입으로 뇌성마비 환아에 대한 보다 객관적이며, 정확한 평가가 가능하게 되었다. 또한 이러한 보행분석은 가장 효과적인 치료방법을 선택하고, 또한 치료 후의 변화의 정도를 측정하는데 있어 객관적이며 정량화된 정보를 제공해 줄 수 있다는 이점이 있으므로 오늘날 뇌성마비 아동을 대상으로 한 보행분석이 널리 시행되고 있다.^{3,5)} 그러나 이러한 보행분석(computerized gait analysis)은 방대한 양의 정보가 정량적으로 제시되어 있기 때문에, 이를 분석하고 치료적인 방법을 선택하기 위해서는 상당한 숙련이 요구된다. 따라서 보행분석 결과에 기초한 보행패턴을 분류하는 작업은 보다 수월히 보행패턴의 분석을 가능하게 함으로써, 효율적인 치료적 중재법을 비교적 수월히 선택할 수 있게 하는 체계를 구축하는데 있어 매우 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 아쉽게도 아직까지는 보행패턴의 분석결과로 보행패턴을 분류하는 시도는 미미한 실정이다. 특히 좌우의 비대칭성이 특징적인 편마비 환아들의 보행분석에 대한 연구는 대개 뇌졸중으로 인한 편마비 환아들을 대상으로 한 연구들이^{2,9,10,14,20)} 대부분이며, 뇌성마비와 같이 미성숙한 뇌의 손상 후 발생하는 편마비 환아들에 대한 연구는 많지 않은 실정이다.^{7,12,19)}

이에 본 연구는 경직성 편마비 뇌성마비 환아의 보행패턴을 운동형상학적 보행분석을 통해 이들 환아들에서 보여지는 다양한 보행 특성을 패턴화하여 분류해 보고자 하며, 이를 통하여 각 이상보행의 기전의 이해 및 치료적 접근을 보다 용이하게 하고자 하는데 도움을 주려고 한다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

57명의 경직성 편측 뇌성마비 환아를 대상으로 하

였다. 대상아 전원은 이전에 수술이나 신경차단술을 받은 적이 없으며, 보행기 등의 보조기의 도움이 없이도 독립적 보행이 가능하였다. 이들의 연령분포는 2세에서 16세까지로 평균 연령은 5세이었으며, 남아가 34명, 여아가 23명이었고, 우측 편마비가 31명, 좌측 편마비가 26명이었다.

2) 연구방법

보행분석은 13개의 수동표식자를 제 1 천추골, 양측 전상방 장골극, 대퇴골 외측면 중간지점, 외측 상과의 직하방의 슬관절축, 비골 외측면의 중간지점, 외측 복사골, 두 번째와 세 번째 중족골 사이에 부착한 후, 6대의 적외선 카메라를 갖춘 Vicon 370 3차원 동작분석기를 이용하여 운동형상학적 지표와 선형적 지표를 측정하였다.

특히 보행주기동안 시상면상에 고관절, 슬관절, 족관절의 위치변화를 기준으로 보행형태를 구분하였다. 이 방법은 기존의 O'Byrne 등¹¹⁾이 뇌성마비 환아를 대상으로 한 보행패턴 분석에서 사용한 방법과 유사한데, 이는 보행체계의 객관성을 높일 수 있고, 보행분석결과를 해석하는데 있어 분류화 작업이 용이하다는 장점이 있다. 특징적인 패턴으로 보행군을 구분한 후, 각각의 보행군 간에 분속수, 보행속도, 활보장, 양하지지지기, 및 단하지지지기 등의 선형적 지표에 차이가 있는지를 보았고,¹³⁾ 견측과 환측의 불균형 정도는 활보장, 양하지 지지기, 단하지 지지기의 양측간에 차이로 이를 이용하여 각 보행군을 비교하였다.¹⁸⁾

3) 통계 방법

통계분석은 각각의 보행군간의 비교는 ANOVA를 이용하였고, 불균형정도를 보는 견측과 환측의 비교는 SPSS 6.0 for window version 프로그램의 paired t-test를 이용하여 분석하였다.

결 과

1) 보행행태에 따른 운동형상학적 분류

보행주기동안 시상면상에 고관절, 슬관절, 족관절의 위치변화에 따라 6가지 군으로 구분할 수 있었다. 보행주기동안 같은 연령대의 정상 소아의 시상면상 각 관절의 평균 정상범위는 고관절이 $43.2 \pm$

13.00, 슬관절이 54.1 ± 14.70 , 족관절이 28.9 ± 4.90 이었다.¹⁾

(1) 제1군: 족하수 보행(12명): 족하수만 보이는 군으로 그 수는 12명이었다. 특성은 유각기동안 족관절의 배측굴곡이 0도에 도달하지 못하며, 슬관절이 입각기시 굴곡된 상태로 보행하나 보행주기동안 평균 고관절의 운동범위는 43.0도, 평균 슬관절의 운동범위는 58.9도, 평균 족관절의 운동범위는 29.5도로 각 관절의 운동범위는 정상범위였다(Table 1)(Fig. 1).

(2) 제2군: 고관절과 슬관절은 굴곡상태로 보행(20명): 보행분석상 족관절은 정상적인 운동양상을 보이나 고관절 및 슬관절이 매우 굴곡상태로 보행을 하는 군으로 전형적인 꾸부정 보행에 해당하는 군이었고 그 수는 20명이었다. 특성은 고관절의 신전이 0도에 도달하지 못하고 슬관절이 보행주기 전 구간

에 걸쳐 굴곡상태이나, 평균 족관절의 운동범위는 29.5도로 정상이고, 평균 고관절의 운동범위는 39.6도, 평균 슬관절의 운동범위는 51.3도로 감소된 경향을 보였다(Table 1)(Fig. 2).

(3) 제3군: 고관절과 슬관절은 굴곡상태로, 보행주기 전 구간에서 까치발 보행(8명): 고관절과 슬관절은 굴곡상태이며 족관절이 보행주기 전 구간에서 첨족 보행을 하는 군이었고 그 수는 8명이었다. 특성은 고관절과 슬관절이 굴곡상태를 나타내고, 족관절이 배측굴곡이 0도에 도달하지 못하는 군으로 평균 고관절과 슬관절의 운동범위가 각각 40.7도, 46.3도로 감소된 경향을 보였다. 평균 족관절의 운동범위도 26.8도로 감소된 경향을 보였다(Table 1)(Fig. 3).

(4) 제4군: 슬관절이 신전 상태로 보행(7명): 슬관절이 신전 상태로 족관절 보행을 하는 군이었고

Table 1. Comparison of Ranges and Maximum Angles of Hip, Knee and Ankle among Group I, II and III

| | Group I (N=12) | Group II (N=20) | Group III (N=8) |
|--|----------------|-----------------|-----------------|
| Hip range | 43.0±6.7 | 39.6±10.2 | 40.7±8.1 |
| Max hip flexion in stance phase | -4.8±8.5 | 6.3±6.0 | 5.3±9.4 |
| Knee range | 58.9±9.3 | 51.3±10.0 | 46.3±9.2 |
| Max knee flexion in stance phase | 9.0±6.8 | 17.6±12.0 | 9.6±9.1 |
| Ankle range | 29.5±5.3 | 29.5±8.7 | 26.8±9.3 |
| Max ankle dorsiflexion in stance phase | 12.4±6.3 | 15.1±7.4 | -6.1±6.0 |
| Max ankle dorsiflexion in swing phase | -3.0±2.3 | -3.0±8.4 | -18.7±7.8 |

Values are mean±S.D. (°)

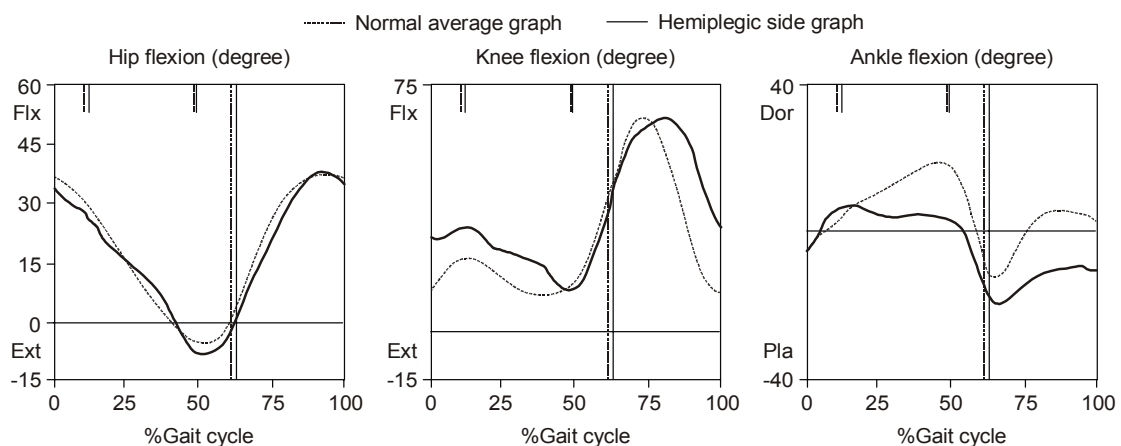


Fig. 1. Group 1 (Drop foot pattern).

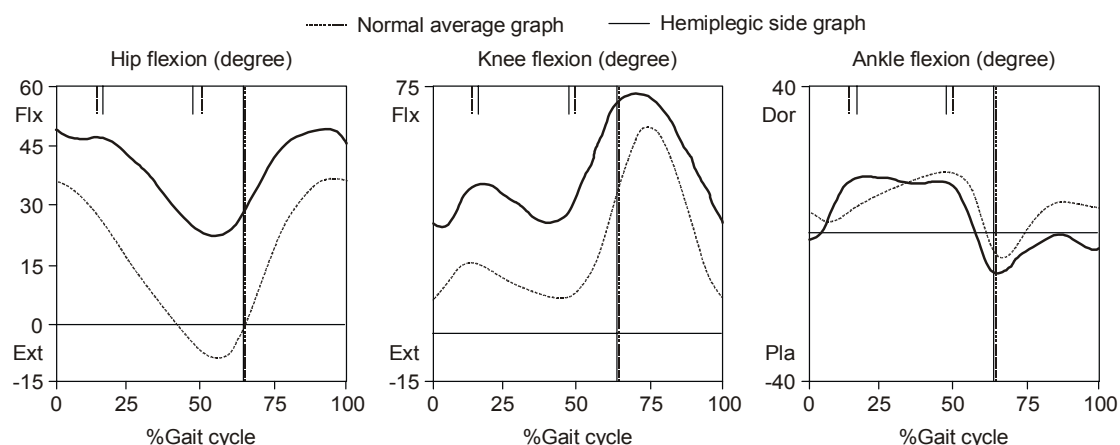


Fig. 2. Group 2 (Proximally flexed with ankle walkers).

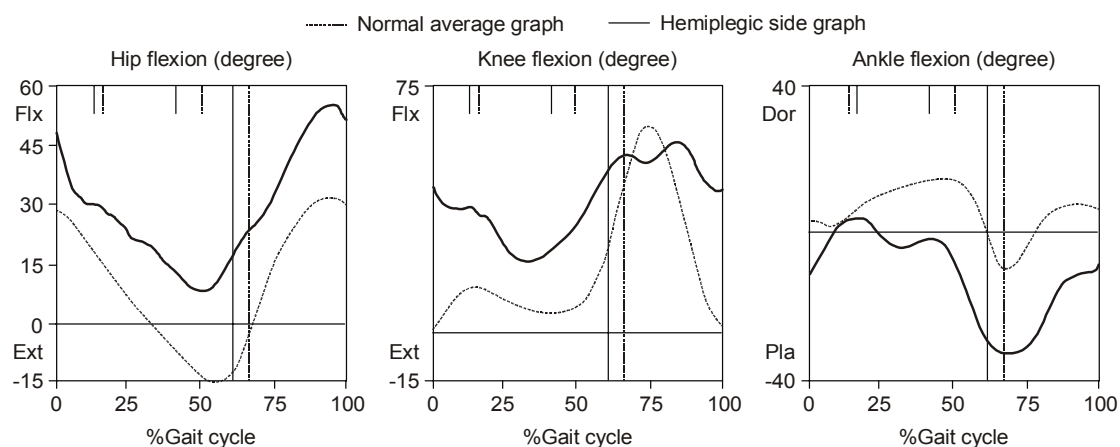


Fig. 3. Group 3 (proximally flexed with toe walking).

Table 2. Comparison of Ranges and Maximum Angles of Hip, Knee and Ankle among Group IV, V and VI

| | Group IV (N=7) | Group V (N=7) | Group VI (N=3) |
|--|----------------|---------------|----------------|
| Hip range | 43.7±9.3 | 43.4±9.7 | 42.0±2.3 |
| Max hip flexion in stance phase | -3.8±9.2 | 0.3±8.0 | -4.8±8.5 |
| Knee range | 60.4±9.4 | 60.7±9.8 | 34.0±2.5* |
| Max knee flexion in stance phase | -5.9±1.1 | -6.5±1.1 | 9.0±6.8 |
| Ankle range | 29.7±9.3 | 23.6±9.8* | 23.1±7.2* |
| Max ankle dorsiflexion in stance phase | 17.6±5.5 | -3.5±3.3 | 12.4±6.3 |
| Max ankle dorsiflexion in swing phase | -0.3±6.8 | -13.7±6.5 | -3.0±2.3 |

Values are mean±S.D. (°).

*p<0.05 normal control vs hemiplegia

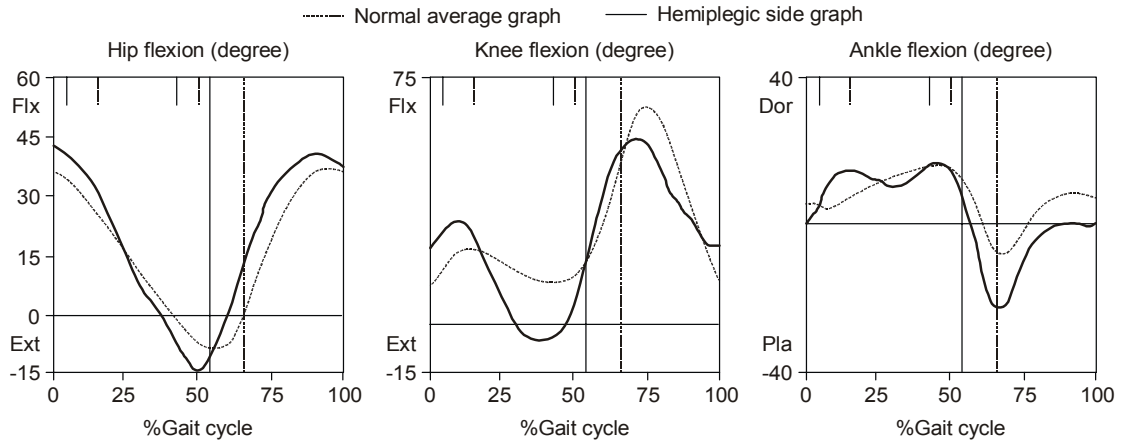


Fig. 4. Group 4 (Recurvatum with ankle walkers).

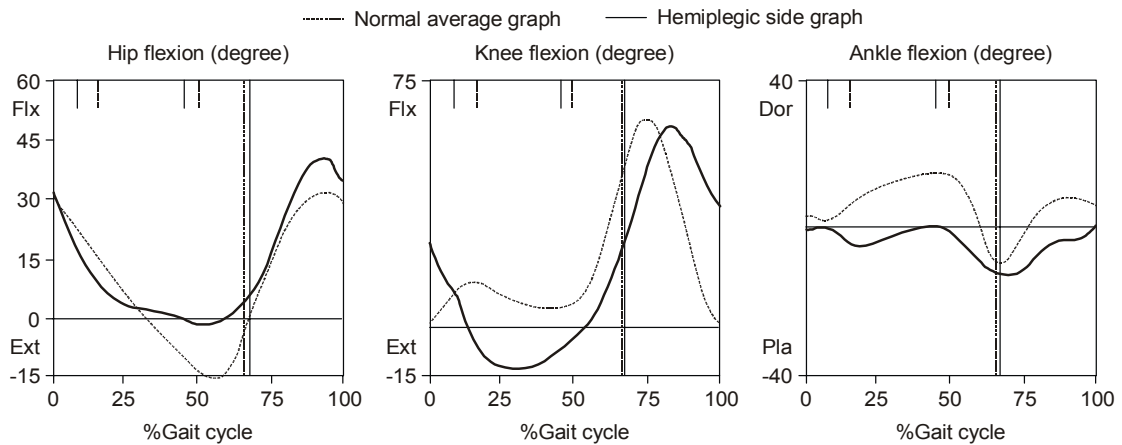


Fig. 5. Group 5 (Recurvatum with toe walking).

그 수는 7명이었다. 특성은 슬관절의 신전이 5도 이상으로 과신전을 보이나 평균 고관절의 운동범위는 43.7도, 평균 슬관절의 운동범위는 60.4도, 평균 족관절의 운동범위는 29.7도로 정상범위였다(Table 2)(Fig. 4).

(5) 제5군: 슬관절이 신전 상태로 보행주기 전구간에서 까치발 보행(7명): 슬관절이 입각기시 과신전을 보이며, 족관절이 보행주기 전구간에서 침족 보행을 하는 군이었고 그 수는 7명이었다. 특성은 슬관절의 신전이 5도 이상으로 과신전을 보이고 족관절의 배측굴곡이 0도에 도달하지 못하는 군으로 평균 고관절과 슬관절의 운동범위는 각각 43.4도, 60.7도로 정상

범위였으나 평균 족관절의 운동범위는 23.6도로 의미 있게 감소되어 있었다($p < 0.05$)(Table 2)(Fig. 5).

(6) 제6군: 삐뚤다리 보행(3명): 유각기시 슬관절 굴곡에 제한을 받는 삐뚤다리 보행을 하는 군이었고 그 수는 3명이었다. 특성은 전 보행주기 동안 슬관절이 굴곡된 보행으로, 즉 굴곡은 잘되지만 유각기 때 신전이 안 되는 형으로, 평균 고관절의 운동범위가 42.0도로 비교적 정상범위였으나, 평균 족관절의 운동범위가 23.1도로 의미 있게 감소되어 있었고, 평균 슬관절의 운동범위도 34.0도로 의미 있게 감소되어 있었다($p < 0.05$)(Table 2)(Fig. 6).

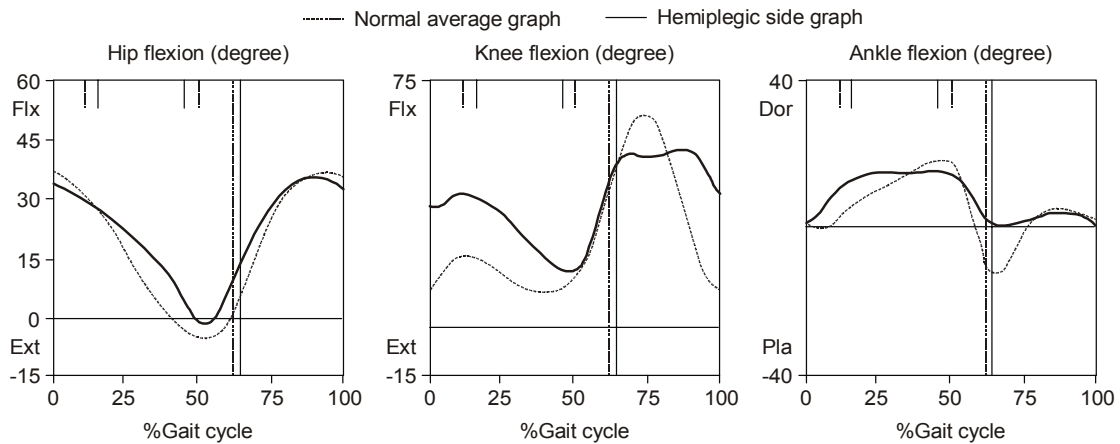


Fig. 6. Group 6 (Stiff crouch gait).

Table 3. Temporospatial Gait Characteristics

| | Cadence ¹⁾ | Speed ²⁾ | Step length ³⁾ | Step time ⁴⁾ | Double support ⁵⁾ | Single support ⁶⁾ |
|---------|-----------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Group 1 | 141.6±21.5 | 0.88±0.19 | 0.37±0.15 | 0.46±0.08 | 33.1±6.66 | 31.8±4.12 |
| Group 2 | 135.9±21.3 | 0.74±0.25 | 0.31±0.11 | 0.48±0.08 | 36.8±6.98 | 29.4±3.93 |
| Group 3 | 137.5±35.5 | 0.80±0.22 | 0.37±0.12 | 0.48±0.15 | 35.9±9.46 | 30.2±5.83 |
| Group 4 | 148.6±19.6 | 0.81±0.10 | 0.32±0.06 | 0.42±0.06 | 29.7±7.70 | 34.1±3.62 |
| Group 5 | 138.3±18.3 | 0.77±0.31 | 0.32±0.15 | 0.46±0.07 | 33.2±8.40 | 32.8±3.27 |
| Group 6 | 123.3±50.8 | 0.55±0.22 | 0.25±0.07 | 0.52±0.16 | 44.5±19.21 | 27.5±10.00 |

Values are mean±S.D.

1. Cadence (steps/min), 2. Speed (meters/sec), 3. Step length (meters), 4. Step time (sec), 5. Double support (%cycle), 6. Single support (%cycle)

Table 4. Side to Side Difference of Gait Parameters

| N=57 | Step length (meters) | Double support (%cycle) | Single support (%cycle) |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Sound side | 0.36±0.09 | 35.48±8.74 | 33.78±5.31 |
| Involved side | 0.33±0.12 | 35.31±8.76 | 30.81±4.67 |
| Difference between the two | 0.03±0.07* | 0.17±3.09 | 2.96±4.50* |

Values are mean±S.D.

*p<0.05

2) 각 보행군에서 선형적 지표를 이용한 비교

선형적 지표상 각 군에 따른 활보장 및 양하지지지기 등의 시공간적 지표상에서는 통계학적인 차이를 보이지 않았다(Table 3).

3) 건측과 환측의 비교

전체 대상자를 대상으로 한 건측과 환측의 비교 시, 환측에서 활보장과 단하지지지기가 건측에 비해 유의하게 짧았다(p<0.05)(Table 4). 건측과 환측의 차이

Table 5. Side to Side Difference of Gait Parameters among Six Groups

| | Step length (meters) | Double support (%cycle) | Single support (%cycle) |
|---------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Group 1 | 0.03±0.07 | 0.23±2.11 | 1.89±3.51 |
| Group 2 | 0.03±0.07 | 0.64±3.28 | 2.32±3.20 |
| Group 3 | 0.02±0.06 | 0.98±1.78 | 4.44±7.29 |
| Group 4 | 0.07±0.10 | 0.27±2.05 | 4.31±4.64 |
| Group 5 | 0.04±0.08 | 0.73±5.02 | 2.46±5.91 |
| Group 6 | 0.01±0.09 | 3.06±4.17 | 5.58±3.14 |

Values are mean±S.D.

를 각 보행군별로 비교해 본 결과 각 군에 따른 양측간의 차이는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 5).

고 찰

Rose¹⁵⁾에 의하면 보행분석은 뇌성마비환자에서 치료 방법을 결정하는데 있어 상당한 영향력을 미치게 되므로, 뇌성마비 아동을 대상으로 한 보행분석의 필요성을 피력하였다. 비정상 보행패턴을 보이는 경우 다양한 보상기전을 사용하기 때문에 각각의 이상 보행패턴에서 일어나는 그 근본적인 원인기전을 추론하기가 쉽지 않다. 따라서 보행패턴의 분석을 용이하게 수행하기 위해서는 좀 더 체계적인 접근으로 각 보행패턴을 분류화하는 작업들이 필요하게 되었다.^{4,7,11)}

Winters 등¹⁹⁾은 편마비 뇌성마비 환아들을 대상으로 4개의 보행패턴을 규명하였다. 제1군은 유각기시에만 족관절 하수를 보이는 군으로 가장 많은 환자들이 이러한 보행패턴을 보였으며, 제2군은 유각기 및 입각기시에도 족관절 하수를 보이는 군, 제3군은 첨족 보행과 더불어 슬관절의 운동범위가 제한된 경우 제4군은 고관절의 운동범위도 제한된 군으로 나누었다. 그러나 이들의 분류는 제2~4군의 구분이 명확치 않으며, 다만 유각기시의 슬관절 및 고관절의 운동범위를 기준으로 하여 분류하였기 때문에 각 군의 특성이 균일하지 않다는 단점이 있다. 즉 제3군의 경우 슬관절이 과신전된 경우와 슬관절이 굴곡된 경우가 같은 군에 속한다는 문제점이 있다. 후에 Gage⁴⁾는 양하지 마비 및 편마비 뇌성마비 아동을 대상으로 하여 보행분석을 시행하였으며, 고관절, 슬

관절 및 족관절의 운동형상학적 (kinematic) 자료에 기초로 하여 4가지 형태의 보행패턴을 분류하였다.

제1군은 유각기시 족하수를 보이며 슬관절 및 고관절의 굴곡이 증가되며, 요추부의 전만이 증가된 군, 제2군은 유각기 및 입각기에서도 족하수를 보이며 슬관절의 신전을 보이는 군, 제3군은 제2의 특성 외에 슬관절의 운동범위의 제한이 있는 경우, 제4군은 제3군의 특성 외에도 고관절의 운동범위가 제한되며, 요추의 전만이 증가된 경우로 분류하였다. 이들은 연구결과 편마비 뇌성마비 환아들에서 제1군의 보행패턴은 가장 경증에 해당되며, 반면에 제4군의 보행패턴은 가장 중증의 뇌성마비 환아에서 관찰되는 보행패턴이라고 하였다. 그러나 이들의 분류는 양하지마비 뇌성마비와 편마비 뇌성마비를 모두 대상으로 하여 보행분석을 시행했기 때문에 편마비 환아들을 특성을 좀 더 세밀히 반영하지 못했다는 단점이 있다. 또한 Winters 등¹⁹⁾의 분류처럼 제3군에서는 슬관절의 운동범위가 제한된 경우로 분류하였기 때문에 슬관절이 과신전된 경우와 슬관절이 굴곡된 경우가 모두 포함된다는 단점이 있게 된다.

Hullin 등⁷⁾은 26명의 편측성 뇌성마비 환아를 대상으로 시행한 3차원 보행분석을 통하여 입각기동안 시상면상 고관절, 슬관절, 족관절의 운동형상학적 변화와 더불어 지면반향력을 고려하여 보행패턴을 5개의 군으로 나누었다. 제1군은 족하수만 보이는 군, 제2군은 입각기동안 슬관절 굴곡을 보이나 고관절은 신전을 보이는 군, 제3군은 슬관절과 고관절 모두 굴곡을 보이는 군, 제4군은 경골의 전방진행이 제한을 받아 슬관절의 과신전을 보이는 군, 제5군은 이러한 제한은 없으나 경골의 발에 대한 전방진행보다 대퇴골의 경골에 대한 전방진행이 더욱 급하여 슬관절의 과신전을 보이는 군 등의 5군으로 구분하였다. 이들의 분류는 비로소 지면반향력을 고려한 보행분석이라는 점에서 비정상적인 보행패턴의 기전을 이해하는데 더 도움이 되는 분류라고 할 수 있으나, 유각기동안의 보행패턴에 대한 분석을 고려하지 않았다는 점과 운동형상학적인 자료를 기술하지 않았다는 점에서 그 분류의 객관성이 떨어지는 제약점이 있다.

O'Byrne 등¹¹⁾은 55명의 편측성 뇌성마비와 91명의 양하지 뇌성마비를 대상으로 시행한 3차원 동작분석을 통하여 시상면상 고관절, 슬관절, 족관절의 운동

형상학적 지표를 기준으로 8군으로 구분하였다. 각 군의 주요한 임상 특성으로 각 군을 기술하여 제1군은 잘 걷는 꾸부정 보행(mobile crouch), 제2군은 까치발로 걷는 꾸부정 보행(stiff crouch with toe walking), 제3군은 족하수 보행(drop foot pattern), 제4군은 족관절의 이중 굴곡(ankle double dump pattern), 제5군은 근위부는 굴곡상태로 족관절 보행을 하는 군(proximally flexed ankle walkers), 제6군은 경한 슬관절 신전보행(mild genu recurvatum), 제7군은 심한 슬관절 신전 보행(severe genu recurvatum), 제8군은 심한 꾸부정 보행(severe crouch)을 하는 군 등으로 구분하였다. 이들의 분류는 각 관절의 운동형상학적 지표를 기준으로 한 객관적인 분류라는 점에서 의의가 있으며, 비교적 세밀하게 분류하여 모든 환자들이 이 분류에 포함되어지며, 각 군의 특성이 균일하다는 장점이 있다. 이 군은 모든 유형의 뇌성마비 환자의 보행에서 볼 수 있는 여러 가지 유형의 보행 패턴을 포괄하였다는 장점이 있으나, 편마비 환자만을 대상으로 하지 않았기 때문에, 편마비 환자에서는 관찰되지 않은 유형도 포함되어 있다는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 편마비 환자들을 대상으로 한 보행패턴과 O'Byrne 등¹¹⁾의 보행패턴의 분류를 참고하면서 편마비 환자만의 다양한 보행패턴을 분류해 보고자 하였다. 그 결과 본 연구에서는 편마비 뇌성마비아동에서 뚜렷한 특징이 있으면서 비교적 균일한 집단으로 구분되는 6개의 유형의 보행패턴을 구분하여 낼 수 있게 되었다.

제1유형은 유각기동안 족관절이 척굴된 상태이나, 고관절, 슬관절 및 족관절의 운동범위는 정상인 군으로 뇌성마비 환자 중에서 가장 경한 보행장애를 보이는 군에 해당한다. 이 유형은 슬관절을 약간 굴곡시킨 상태로 보행을 함으로써 경골의 전방 이동력을 얻게 되며, 이로써 입각기시의 족관절이 배측굴곡을 보이게 되지만, 하퇴삼두근의 경직성으로 인하여 이중 굴곡 형태를 보여주고 있다. 이같은 보행 유형은 하퇴삼두근의 경직성을 약간의 슬관절의 굴곡으로 보상하는 유형이지만, 보행주기동안 슬관절의 운동범위가 정상이고, 고관절의 신전이 이루어지는 것으로 보아, 슬관절 및 고관절의 조절은 양호한 상태로 볼 수 있다. 본 연구의 제1유형은 O'Byrne 등¹¹⁾의 분류형에서 제3유형과는 비슷하나, 고관절이

입각기동안 신전을 보이는 것으로 보아 O'Byrne 등의 분류의 제3유형보다는 양호한 형이라고 볼 수 있다. 또한 본 연구의 제1유형은 Hullin 등⁷⁾의 연구에서는 제1유형과 가장 유사하다. 그러나 Hullin 등⁷⁾의 보고에서는 운동형상학적 자료를 제시하지 않고 그 양상을 기술한 상태로 분류하였기 때문에 본 연구의 제1유형과 Hullin 등⁷⁾의 연구의 제1유형간을 차이점을 정확히 비교할 수는 없는 실정이다. 본 연구에서의 가장 빈번히 관찰된 보행패턴으로 제2유형은 보행분석상 족관절의 운동범위는 비교적 정상이나 슬관절 및 고관절이 매우 굴곡된 상태로 보행하는 군으로서, O'Byrne 등¹¹⁾의 분류형의 제5형에 속한다. 반면에 Hullin 등⁷⁾의 보행패턴의 제3유형의 일부에 속한다고 볼 수 있는데, 이는 본 연구와 Hullin 등⁷⁾의 제3보행 유형을 족관절의 운동형상학적 지표에 따라 제2형과 3형으로 세분하였기 때문이다. 본 보행패턴과 같이 입각기시의 고관절의 신전의 장애는 심각한 보행장애를 의미하는 것으로써, 본 유형과 같이 고관절, 슬관절 및 족관절의 3관절이 모두 굴곡된 상태인 보행에서는 슬와근이 고관절 신전근으로 작용하지 못하게 된다. 따라서 이 유형의 보행시에서는 전방의 이동력을 얻기 위해서는, 발뒤꿈치를 들어올리면서 상반신을 앞으로 전진시키고, 이 힘으로 아래의 골반과 하지가 하나의 경직된 단위로, 족부 위로 움직이게 된다. 따라서 마치 슬관절이 굴곡되어 슬와근이 경직되어 있다고 잘못 해석할 수 있으나, 이 경우에는 고관절의 굴곡근의 경직성과 족관절의 하퇴삼두근의 경직성이 같이 동반되어 있어 이러한 보행패턴을 보인 것이라고 볼 수 있다.⁷⁾ 따라서 이러한 유형의 보행패턴의 원인을 분석하기 위해서는 고관절의 굴곡구축이나, 족관절의 경직성을 다시 점검할 필요가 있다. 본 연구의 제3유형은 본 연구에서 새롭게 분류된 유형으로서 고관절 및 슬관절의 굴곡양상을 보이면서도 족관절이 보행주기 동안 지속적으로 저축굴곡 상태를 보이는 군으로, 이는 2형이 점차 더 심화된 것으로써 족관절의 고정된 침착 변형과 고관절의 굴곡이 같이 동반되어 나타난 보행으로 볼 수 있다. 이는 Hullin 등⁷⁾의 제3보행유형의 일부에 해당하며, O'Byrne 등¹¹⁾의 분류에서는 정확히 일치되는 군이 없다. 본 연구의 제4형과 제5형은 슬관절이 모두 과신전 양상을 보이는 군으로 족관절의 운동양상에 따라 세분된 형이다. 이

들 유형은 Hullin 등⁷⁾의 제4, 5형, O'Byrne 등¹¹⁾의 제 6, 7형에 속한다고 볼 수 있다. 보행시 슬관절의 과신전은 족관절 배측굴곡근의 약화로 인하여 지면반향력이 매우 빨리 족부를 통과하게 되며, 이로 인하여 매우 큰 슬관절 신전 모멘트가 발생하게 되어 일어나는 것으로써 경골이 족부 위로의 전진이 일어나지 않는 경우와¹⁶⁾ 전진이 일어나는 경우로 대별해 볼 수가 있다.⁶⁾ 본 연구에서 제4유형은 슬관절이 과신전을 보이지만 족부가 입각기 동안 배측굴곡 되어 있어 경골이 족부 위로 전진을 보이는 유형에 속하며, 제5형은 슬관절의 과신전과 더불어 족관절이 입각기시에도 배측굴곡이 되지 못한 경골이 족부 위로 전진이 제한된 유형에 속한다. 이와 같은 제5유형은 비복근이 뻣뻣한 반면에 가자미근이 약하여 잡아주는 기능을 하지 못해서 발생하는 것으로서 이 두 근육의 부조화가 원인이 된다고 말할 수 있다.⁷⁾ 반면에 제4유형에서는 경골이 전진하는 동력이 고관절의 신전에 의하여 발생하게 되는데, 뇌성마비에서는 두 가지 가능성을 생각해 볼 수 있다. 첫 번째로서는 슬관절 신전근의 경직성으로 인하여 접지기시에 슬관절이 완전히 신전된 상태가 되며, 그 후 고관절의 신전근의 작용으로 고관절의 신전되면서 슬관절이 과신전된다고 생각할 수 있으며, 두 번째는 슬관절 신전근의 근력이 약하여, 이를 보상하기 위하여 슬관절을 과신전시킨 것이라고 생각할 수 있다.⁷⁾ 이 경우에서는 가자미근이 슬관절을 잡아주지 못해서 일어났지만, 더불어 슬관절의 신전근의 이상도 함께 생각해 보아야 한다.^{8,17)} 마지막으로 제6형은 O'Byrne 등¹¹⁾의 제2형과 유사하지만 족관절이 입각기시에 배측굴곡을 보인다는 점에서 구별된다. 이 유형은 슬관절이 유각기 후반부 및 입각기의 전반부에 걸쳐 슬관절의 굴곡이 증가되어 있다는 특징이 있으며, 이는 슬와근의 경직성에 의한 것을 보인다.

보행의 시공간적 지표상은 각 보행군 간의 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 대상군이 비교적 작았던 점이 한 요인으로 작용할 수 있을 것으로 생각될 수 있으며, 또한 편마비환아에서 각각의 약점을 다양한 보행패턴으로 보상을 한 상태로 보행을 하며, 이러한 보행패턴에 상당히 숙달되었기 때문에, 비록 그 원인이 다양하더라도 시공간적 지표상에서는 차이점을 볼 수가 없었다고도 생각할 수 있다. 또한 건축과 환측의 차이가 명백하였으

나, 이러한 차이가 각 군에 따라 통계학적으로 유의한 차이는 볼 수 없었는데, 이도 위와 같은 이유로 설명될 수 있을 것으로 본다.

이상과 같이 본 연구는 외국의 분류에 기초하여 시상면상에서의 고관절, 슬관절 및 족관절의 운동형상학적인 지표만을 대상으로 분류하였으나, 위에서 분류한 각 보행 유형의 원인을 확인해 보기 위해서는 동적 근전도 검사와 더불어 운동역학적 검사까지 더 뒷받침되어야 할 것으로 생각된다.

결 론

수술을 받지 않고 독립적으로 보행이 가능한 57명의 경직성 편마비 환아를 대상으로 하여 3차원적인 동작분석을 시행하였으며, 시상면상에서의 운동형상학적 자료에 근거하여, 이들 환아들의 보행을 6가지 유형으로 대별할 수 있었다. 이러한 분류체계는 향후 이들 편마비 환아의 보행분석시 보행패턴을 분류해 내는데 도움이 되며, 이와 같은 분류는 각 보행패턴의 원인을 좀 더 쉽게 찾아냄으로써, 보다 용이하게 적절한 치료법을 제시할 수 있다는 점에서 유용하게 사용될 수 있으리라고 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) 조상현, 박창일, 박은숙, 김유철, 신지철, 박진석: 한국 소아에서 보행발달 과정의 삼차원 동작분석 특성. 대한 재활의학회지 1998; 22: 1206-1218
- 2) Brown JK, Rodda J, Walsh EG: Neurophysiology of lower-limb function in hemiplegic children. Dev Med Child Neurol 1991; 33: 1037-1047
- 3) Gage JR: Clinical gait analysis (a focus on interpretation). Gillette Children's Specialty Healthcare, Washington: Connecticut Children's Medical Center, 1999, April: D1-D6, L1-L7, M1-M15
- 4) Gage JR: Gait analysis in cerebral palsy. Mac Keith Press 1991; 132-150
- 5) Gage JR: Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy. Clin Orthop 1993; 288: 126-134
- 6) Huk O, Labelle H, Duhalme M, Allard P: Kinematic analysis of gait patterns in unoperated spastic diplegic children. Orthop Trans 1987; 11: 211
- 7) Hullin MG, Robb JE, Loudon IR: Gait patterns in children with hemiplegic spastic cerebral palsy. J Pediatr Orthop Part B 1996; 5: 247-251

- 8) Kerrigan DC, Gronley J, Perry J: Stiff-legged gait in spastic paresis. A study of quadriceps and hamstrings muscle activity. *Am J Phys Med Rehabil* 1991; 70: 294-300
 - 9) Knutsson E, Richards C: Different types of disturbed motor control in gait of hemiparetic patients. *Brain* 1979; 102: 405-430
 - 10) Kuan TS, Tsou JY, Su FC: Hemiplegia gait of stroke patients. The effect of using a cane. *Am J Phys Med Rehabil* 1999; 80: 777-783
 - 11) O'Byrne JM, Jenkinson A, O'Brien TM: Quantitative analysis and classification of gait patterns in cerebral palsy using a three-dimensional motion analyzer. *J Child Neurol* 1998; 13: 101-108
 - 12) Olney SJ, Macphail HE, Hedden DM, Boyce WF: Work and power in hemiplegic cerebral palsy gait. *Phys Ther* 1990; 70(7): 431-438
 - 13) Ozgirgin N, Bolukbasi N, Beyazova M: Kinematic gait analysis in hemiplegic gait. *Scand J Rehabil Med* 1993; 25: 51-55
 - 14) Perry J: The mechanics of walking in hemiplegia. *Clin Orthop* 1969; 63: 23-31
 - 15) Rose GK: Clinical gait assessment (a personal view). *J Med Engineer Tech* 1983; 7: 273-279
 - 16) Simon SR, Deutsch SD, Nuzzo RM, Mansour MJ, Jackson JL, Koskinen M, Rosenthal RK: Genu recurvatum in spastic cerebral palsy. Report on findings by gait analysis. *J Bone Joint Surg Am* 1978; 60: 882-894
 - 17) Sutherland DH, Davids JR: Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. *Clin Orthop* 1993; 288: 139-147
 - 18) Wheelwright EF, Minns RA, Elton RA: Temporal and spatial parameters of gait in children. *Dev Med Child Neurol* 1993; 35: 114-125
 - 19) Winters TF, Gage JR, Hicks R: Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 437-441
 - 20) Yelnik A, Albert T, Bonan I, Laffont I: A clinical guide to assess the role of lower limb extensor overactivity in hemiplegia gait disorder. *Stroke* 1999; 30: 580-585
-